

Ant Colony Optimization (ACO)

Ant Colony Optimization (ACO) คือวิธีการแก้ปัญหาที่มีต้นกำเนิดมาจากพลศาสตร์ของการพฤติกรรมของมด ในการค้นหาอาหารในธรรมชาติ โดย Marco Dorigo เป็นผู้สร้างและแนะนำวิธีการนี้ครั้งแรกในตอนท้ายของทศวรรษที่ 20 ซึ่งตอนนั้นเขาทำงานที่วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ที่มีความสนใจในการจำลองพฤติกรรมของมดในการค้นหาเส้นทางสั้นที่สุดเพื่อนำกลับไปยังรัง

ACO นำแนวคิดการทำงานของมดในการค้นหาอาหารไปใช้ในการแก้ปัญหาค้นหาเส้นทาง (Pathfinding) หรือปัญหาการจัดเรียง (Combinatorial Optimization) โดยตัวอย่างที่มักจะถูกนำมาใช้คือ Traveling Salesman Problem (TSP) ซึ่งเป็นปัญหาที่ต้องการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดที่ผ่านทุกรายการ

ใน ACO มดจะเดินตามเส้นทางที่เป็นไปได้ และตัวมดจะฉีกสารพิษ (pheromone) บนเส้นทางที่เดินผ่าน โดยจะสลักสารพิษในปัจจุบันกับเส้นทางที่ดีขึ้น ทำให้เส้นทางที่มี pheromone สะสมมากที่สุดกลายเป็นเส้นทางที่มีโอกาสถูกเลือกมากที่สุดในอนาคต นอกจากนี้ การหลีกเลี่ยงการติดตั้ง pheromone บนเส้นทางที่ไม่ดีก็จะทำให้เส้นทางเหล่านั้นไม่ได้รับความสนใจมากนัก

หลักการทำงาน

- มดและตัวละคร: แต่ละ "มด" ใน ACO จะทำหน้าที่ตัดสินใจในการเลือกเส้นทาง มดจะเคลื่อนที่ตามเส้นทางที่เป็นไปได้และปล่อยสารพิษ (pheromone) บนเส้นทางที่เดินผ่าน
- Pheromone: สารพิษ (pheromone) เป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการสื่อสารระหว่างมด มดทุกตัวที่เดินผ่านเส้นทางจะฉีกสารพิษไว้บนพื้นผิวของเส้นทาง ซึ่งจะทำให้เส้นทางนั้นมี pheromone สะสม Pheromone มีความสัมพันธ์กับความน่าจะเป็นที่มดจะตัดสินใจเลือกเส้นทางนั้นในอนาคต
- การตัดสินใจ: การตัดสินใจของมดในการเลือกเส้นทางจะขึ้นอยู่กับการประมาณค่าความน่าจะเป็นที่มี pheromone สะสมมากที่สุด มดมีแนวโน้มที่จะเลือกเส้นทางที่มี pheromone สูงขึ้น
- การปรับปรุง Pheromone: ในทุกครั้งที่มดเดินผ่านเส้นทาง pheromone บนเส้นทางนั้นจะถูกปรับปรุงโดยการระบายนี้อาจะเพิ่ม pheromone ใหม่ตามระดับความสำคัญของเส้นทางนั้น

กระบวนการทำงาน

- เริ่มต้น: สร้างมดตามจำนวนที่กำหนดและตั้งค่า pheromone บนเส้นทางทั้งหมดให้มีค่าเริ่มต้น.
- การทำซ้ำ (Iterations): มดจะทำการเดินทางตามเส้นทางและปรับปรุง pheromone ในทุกๆ การทำซ้ำ
- การเลือกเส้นทาง: มดจะตัดสินใจเลือกเส้นทางตามกฎที่กำหนด โดยในบางครั้งอาจจะใช้การสุ่ม
- การปรับปรุง Pheromone: หลังจากที่ทำมดเดินทางเสร็จสิ้น pheromone บนเส้นทางที่มดเดินผ่านจะถูกปรับปรุงโดยคำนวณค่าใหม่
- การวนกลับ: กระบวนการทั้งหมดจะทำซ้ำจนกว่าจะถึงจำนวนที่กำหนดหรือเงื่อนไขการหยุด
-

ประโยชน์

- ค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุด: ACO สามารถใช้แก้ปัญหาค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดได้ เช่น ใน Traveling Salesman Problem (TSP) หรือ Vehicle Routing Problems
- การจัดการตารางงาน: ACO สามารถนำมาใช้ในการวางแผนตารางการทำงานหรือจัดสรรทรัพยากร
- ปัญหาการจัดเรียง: มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหการจัดเรียง เช่น Job Scheduling

ประเภทของ Ant Colony optimization

1. Ant system

ได้ถูกนำเสนอเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1991 โดยได้ถูกคิดค้นและพัฒนาขึ้นโดย Marco Dorigo และคณะ ซึ่งที่จริงแล้ว ระบบมดเดิมได้มีอยู่ 3 แบบด้วยกันคือ Ant - density, Ant - quantity และ Ant - cycle (Dorigo et al., 1991; Dorigo and Stutzle, 2004) ระบบ Ant - density และระบบ Ant - quantity นั้นจะมีการอัปเดตสารฟีโรโมนทันทีขณะที่เดินทางจากโหนดหรือเมือง (Node or city) ไปยังเมือง ขณะที่ระบบ Ant - cycle นั้นจะอัปเดตสารฟีโรโมนหลังจากที่มดเดินทางครบทุกเมืองแล้ว โดยที่ปริมาณของสารฟีโรโมนที่จะอัปเดตนั้นขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างค่าคงที่ต่อระยะทางหรือคุณภาพของผลเฉลยที่ได้ ท้ายที่สุดแล้วระบบ Ant - density และระบบ Ant - quantity ก็ไม่ได้รับการปรับปรุงและพัฒนาต่อไปอีก เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการหาผลเฉลยหรือเส้นทางที่น้อยมากเมื่อเทียบกับระบบ Ant - cycle ดังนั้นในปัจจุบัน เมื่อกล่าวถึงระบบมด ก็คือระบบ Ant - cycle นั่นเอง (Dorigo and Stutzle, 2004)

2. Elitist ant system

Elitist ant system เกิดจากการพัฒนา Ant system ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น โดยเรียกการพัฒนานี้ว่า Elitist strategy โดยนำเสนอเป็นครั้งแรกในปี 1992 โดย Dorigo โดยที่ส่วนการทำงานเริ่มต้นจะเหมือนกับ Ant system แต่จะเพิ่มในส่วนของการเก็บค่าที่ดีที่สุดของแต่ละรอบการคำนวณ (Best so far tour) เพื่อการเพิ่มร่องรอยฟีโรโมน (Update pheromone trail) โดยจะเก็บค่าที่ดีที่สุดของรอบการคำนวณที่หนึ่งแล้ว Update pheromone ซึ่งเส้นทางที่เป็น Best so far tour จะมีพจน์ที่เพิ่มขึ้นมาเพื่อให้เส้นทางที่เป็น Best so far tour จะมีปริมาณฟีโรโมนมากกว่าเส้นทางที่มดผ่านปกติทั่วไป (โดยที่เส้นทางที่มดผ่านตัวอื่นจะใช้สมการ ant system)

3. Max-min ant system

Max-Min Ant System ถูกนำเสนอเป็นครั้งแรกในปี 1997 โดย Stutzle กับ Hoos โดยที่ทั้งสองคนได้พัฒนา Max-Min Ant System มาจาก Ant System โดยได้พัฒนาจาก Ant System 4 อย่างด้วยกัน ดังนี้

อย่างแรกค่าของพจน์ที่เพิ่มขึ้นมาจะมีค่าเป็น หนึ่งส่วนระยะทางก็ต่อเมื่อเป็นรอบที่ดีที่สุดของรอบการคำนวณนั้น ส่วนที่ไม่ใช่เส้นทางที่ดีที่สุกรอบ อย่างที่สอง คือการกำหนดช่วงของฟีโรโมนให้อยู่ในช่วงที่สมการกำหนด เพื่อที่เราจะได้จำกัดขอบเขตของเส้นทางที่ดีที่สุดเพียงหนึ่งช่วงเท่านั้น ทำให้หาเส้นทางที่ดีที่สุดได้อย่างรวดเร็วอย่างที่สอง คือ ค่าฟีโรโมนเริ่มต้นจะมีค่าตัวแปรการระเหยของปริมาณฟีโรโมนไว้ในตอนแรกเลย ซึ่งตรงจุดนี้ก็เป็นอีกจุดหนึ่งที่ Max-Min Ant System ต่างจาก Ant System สุดท้าย ถ้าปริมาณฟีโรโมนเริ่มต้น เริ่มมีค่าคงที่หรือไม่มี การเพิ่มขึ้นแล้วก็จะสร้างจำนวนรอบที่แน่นอนสำหรับการคำนวณครั้งต่อไป

4. Rank-base ant system

เป็นอีกตัวหนึ่งที่พัฒนามาจาก Ant system โดยถูกนำเสนอครั้งแรกโดย Bullnheimer ในปี 1999 โดยที่ AS-Rank จะวางจำนวนฟีโรโมนลดลงตามลำดับเส้นทางที่มดเดินผ่าน เช่น เส้นทางที่ดีที่สุดจะมีพจน์ที่เพิ่มขึ้นในสมการมีค่ามากที่สุด เพื่อให้เกิดฟีโรโมนของรอบใหม่มากที่สุดได้ลำดับกันลงมาซึ่งจะแตกต่างจาก Elitist ant system ที่จะมีพจน์ที่เพิ่มค่า Best so far tour เพียงค่าเดียว ซึ่งขั้นตอนต่างๆ นอกเหนือจากนี้จะเหมือนกับ Ant system กับ Elitist ant system ส่วนที่เพิ่มขึ้นมา โดยที่ตัวแปร w จะเป็นค่าที่จัดเก็บลำดับ โดยส่วนใหญ่จะมีค่า $w = 6$ และค่า r เป็นค่า Rank ของมด โดยถ้า Rank ของมดมากจะทำให้ปริมาณฟีโรโมนลดลงตามลำดับ

5. Ant colony system

ACS ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของ Ant System โดยการปรับปรุงครั้งนี้ต่างจากทุกครั้งที่ผ่านมา กล่าวคือ การปรับปรุงครั้งนี้ไม่ได้อยู่บนพื้นฐานของ Ant System อีกต่อไป โดยสร้างกลไกการทำงานใหม่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน ACS ถูกนำเสนอครั้งแรกในปี 1997 โดย Dorigo และ Gambardella โดยที่มีความต่างจาก Ant System สามหลักการใหญ่ๆ คือ

1. ACS จะพัฒนาในส่วนของการจำเส้นทางในการเดินของมด โดยจะทำให้มดมีประสบการณ์ในการจำเส้นทางมากขึ้นและจะมีผลต่อการตัดสินใจในการเลือกเส้นทางมากขึ้นด้วย
2. การระเหยฟีโรโมนและการวางฟีโรโมนจะทำในส่วนที่เป็นเส้นทางที่ดีที่สุดเท่านั้น
3. ในแต่ละเส้นทางที่มดเดินผ่านไปนั้น มดจะเอาฟีโรโมนออก เพื่อที่จะทำให้เกิดการเพิ่มเส้นทางหรือโอกาสในการเลือกเส้นทางอื่น